



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**EVALUASI GEDUNG MNC TOWER
MENGUNAKAN SNI 03-1726-2012 DENGAN
METODE PUSHOVER ANALYSIS**

**FAJAR ARIBISMA
NRP 3111100160**

**Dosen Pembimbing I
Prof.Dr.Ir.IGP Raka,DEA**

**Dosen Pembimbing II
Prof.Tavio,ST.MT, Ph.D.**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT RC14-1501

EVALUATION OF THE BUILDING MNC TOWER USING SNI 03-1726-2012 AND PUSHOVER ANALYSIS METHOD

**FAJAR ARIBISMA
NRP 3111100160**

**Advisor I
Prof.Dr.Ir.IGP Raka,DEA**

**Advisor II
Prof.Tavio,ST.MT, Ph.D.**

**Civil Engineering Dept.
Faculty of Civil Engineering and Planning
SepuluhNopember Institute of Technology
Surabaya 2015**

**EVALUASI GEDUNG MNC TOWER MENGGUNAKAN
SNI 03-1726-2012 DENGAN METODE PUSHOVER
ANALYSIS**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Struktur
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

**Oleh :
FAJAR ARIBISMA
NRP. 3111100160**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Pembimbing I:

**Prof.Dr.Ir.IGP Raka,DE
NIP. 195004031976031003**

Pembimbing II:

**Prof.Tavio,ST.MT, Ph.D.
NIP. 197003271997021001**



SURABAYA, Januari 2015

EVALUATION OF THE BUILDING MNC TOWER USING SNI 03-1726-2012 AND PUSHOVER ANALYSIS METHOD

Student Name : Fajar Aribisma
NRP : 3111100160
Major : Civil Engineering
Promotor : Prof.Dr.Ir.IGP Raka,DEA
Prof. Tavio,ST.MT, Ph.D.

ABSTRAK

The new rules SNI 03-1726-2002 to become SNI 03-1726-2012 making a difference in the design of MNC Tower . The design of MNC Tower needs to re-evaluated using SNI-03-1726-2012 the result between the old and the rules ,among the differences in the value area of earthquake acceleration response spectrum into 15 area of spectrum from 6 area of spectrum then in SNI 03-1726-2002 accounted for only a short period seismic acceleration compared to SNI 03-1726-2012 which takes into account the short period and the period of one second.The increase in the value of R for SRPMK system will change the acceleration response of the earthquake and resulting differences in the design of the period of resistance to the building structure.

Content difference in SNI 03-1726-2002 with SNI 03-1726-2012 became the main focus of this thesis which determine the feasibility of building in the earthquake load renewable accept used pushover analysis based on the performance based design that essentially looking for the capacity of a building structure. Regulation pushover analysis taking reference from ATC 40 (Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings,

Redwood City, California, USA) and using SAP2000 assistance in evaluating MNC Tower. Strengthening of structures required if the structure has failed in some element.

Keyword : *SNI 03-1726-2012, Pushover analysis, ATC 40, SAP 2000, Strengthening of structures.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Evaluasi gedung MNC TOWER Menggunakan SNI 03-1726-2012 Dengan Metode Pushover Analysis* dengan baik dan tepat pada waktunya.

Adapun Tugas Akhir ini dibuat dengan tujuan untuk memenuhi syarat kelulusan Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan kontribusi yang nyata dalam bidang ketekniksipilan.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi atas terselesaikannya laporan tugas akhir ini, antara lain :

1. Kedua orang tua tercinta yang telah banyak memberikan dorongan moril maupun materil sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini
2. Bapak Prof.Dr.Ir.IGP Raka,DEA dan Prof.Tavio,ST.MT, Ph.D. Selaku Dosen Pembimbing yang selalu sabar dan tulus dalam memberikan bimbingan dan motivasi sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik.
3. Bapak Prof.Dr.Ir.IGP Raka,DEA selaku Dosen wali yang telah membantu selama masa perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil ITS.
4. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Sipil ITS atas jasa-jasanya selama penulis menuntut ilmu di jurusan Teknik Sipil ITS.
5. Mas Topik yang sudah meluangkan waktunya untuk berbagi ilmu, makasih banyak mas.
6. Keluarga besar Basecamp 57 Teman-teman angkatan 2011 lain yang telah berjuang bersama-sama menyelesaikan studi di Teknik Sipil ITS. Kalian semua adalah keluarga yang sangat hebat. Sukses selalu untuk kalian semua.

7. Serta seluruh pihak yang menyempatkan hadir pada Seminar Tugas Akhir penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk pengembangan selanjutnya. Akhir kata, semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi generasi berikutnya.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Pengesahan	
Abstrak	i
Kata Pengantar	v
Daftar isi	vii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan masalah	3
1.5 Manfaat	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum	5
2.2 Performance Base Design	5
2.3 Pushover Analysis	6
2.3.1 Kurva kapasitas	8
2.3.2 Spektrum demand	9
2.3.3 Kinerja (Performance)	10
2.4 SNI 1728 2012 dan SNI 1728 2002	13
2.5 Metode Perkuatan Struktur	18

BAB III METODELOGI

3.1 Bagan alir penyelesaian tugas akhir.....	21
3.2 Pengumpulan data.....	23
3.3 Pemodelan struktur gedung Ocea Condotel menggunakan softwear SAP 2000.....	23
3.4 Analisa Pembebanan.....	23
3.4.1Beban Horizontal	24
3.4.2Beban Vertical.....	24
3.5Kombinasi Pembebanan.....	29
3.6 Analisa Pushover.....	29
3.7Metode Perkuatan.....	31

BAB IV PEMBEBANAN

4.1 Data bangunan.....	32
4.1.1 Data umum bangunan.....	32
4.1.2 Data bahan	32
4.1.3 Data dimensi balok.....	32
4.1.4 Data dimensi kolom	33
4.2 Denah bangunan	33
4.3 Potongan melintang dan memanjang	34
4.4 Permodelan struktur dengan SAP2000.....	34
4.5 Pembebanan	35
4.5.1 Beban Gravitasi.....	35
4.5.2 Beban Gempa	35

4.5.2.1 Menentukan nilai S_1 dan S_s	36
4.5.2.2 Mencari F_{ad} dan F_v (koefisien situs)	37
4.5.2.3 Perhitungan S_M s dan S_{M1}	38
4.5.2.4 Perhitungan Parameter spectral desain S_D s dan S_{D1}	38
4.5.2.5 Menentukan kategori desain seismic	39
4.5.2.6 Menentukan Spektrum Respon Desain.....	40
4.5.2.7 Menentukan periode waktu getar alami fundamental.....	41
4.5.2.8 Menentukan Koefisien Respon Seismik	43
4.5.2.9 Perhitungan Gaya Geser Dasar	44
4.6 Kontrol Partisipasi Massa.....	45

BAB V ANALISA PUSHOVER

5.1 Analisa Pushover	47
5.2 Tahapan Analisa Pushover	48
5.2.1. Menentukan identitas analisis nonlinier yaitu DEAD dan PUSHOVER	49
5.2.2. Menentukan displacement control dan letak joint yang akan ditinjau deformasinya.....	49
5.2.3. Menentukan minimum dan maximum saved steps.....	49

5.2.4. Menentukan sendi plastis.....	50
5.2.5. Pushover Analisis untuk arah Y gedung	54
5.2.6 Running analisis dengan SAP2000.....	55
5.3 Analisis Kurva Pushover	56
5.4. Target Perpindahan	58
5.5 Perhitungan Pushover Berdasarkan ATC 40 Dalam Format ADRS.....	64
5.5.1. Faktor α dan PF.....	64
5.5.2 Merubah Kapasitas Kurva Menjadi Kapasitas Spektrum.....	66
5.5.3 Demand Spektrum.....	67
5.6 Mekanisme Sendi plastis.....	70

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan.....	79
6.2 Saran.....	80

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Grafik dan ilustrasi pushover (ATC 40).....	7
Gambar 2.2 Grafik kurva kapasitas.....	9
Gambar 2.3 Kurva spektrum demand.....	10
Gambar 2.4 Proses mendapatkan performance point.....	11
Gambar 2.5 Level kinerja.....	12
Gambar 2.6 Peta wilayah gempa SNI 1726 2002 yang terbagi 6 wilayah gempa.....	15
Gambar 2.7 Peta wilayah gempa SNI 1726 2012 yang terbagi menjadi 19 wilayah gempa.....	16
Gambar 3.1 spectra percepatan 0.2 sekon.....	24
Gambar 3.2 spectra percepatan 1 sekon.....	25
Gambar 3.3 Spectrum respon desain.....	27
Gambar 4.1 Denah MNC Tower.....	33
Gambar 4.2 Potongan memanjang dan melintang bangunan..	34
Gambar 4.3 Permodelan struktur dengan SAP2000.....	34
Gambar 4.4 Lokasi gedung MNC Tower.....	35
Gambar 4.5 Spectra percepatan 0.2 sekon.....	36
Gambar 4.6 Spectra percepatan 1 sekon.....	36

Gambar 4.7 Spectrum respon desain.....	41
Gambar 4.8 Penentuan Simpangan Antar Lantai.....	47
Gambar 5.1 Memasukan data static nonlinier pushover.....	48
Gambar 5.2 Displacement control pushover.....	49
Gambar 5.3 Menentukan maximum dan minimum saved States.....	50
Gambar 5.4 Memilih frame yang akan di Hinges.....	51
Gambar 5.5 Memilih relative distance pada balok.....	51
Gambar 5.6 Menentukan degree of freedom pada balok.....	52
Gambar 5.7 Memilih frame yang akan di Hinges.....	53
Gambar 5.8 Memilih relative distance pada kolom.....	53
Gambar 5.9 Menentukan degree of freedom pada kolom.....	54
Gambar 5.10 Displacement arah U2 pada arah Y.....	55
Gambar 5.11 Running analisa pushover.....	55
Gambar 5.12 Analisa pushover selesai.....	56
Gambar 5.13 Kurva Displacement dengan Base reaction arah X.....	59
Gambar 5.14 Kurva Displacement dengan Base reaction	

arah Y	59
Gambar 5.15 Performance point arah y.....	61
Gambar 5.16 Performance point arah x	63
Gambar 5.17 Kurva Kapasitas.....	67
Gambar 5.18 Spektrum Demand.....	68
Gambar 5.19 Penggabungan antara Kurva Kapasitas dan Demand Spektrum.....	69
Gambar 5.20 Step 0 Pushover analysis arah Y.....	70
Gambar 5.21 Step 1 Pushover analysis arah Y.....	71
Gambar 5.22 Step 2 Pushover analysis arah Y.....	72
Gambar 5.23 Step 3 Pushover analysis arah Y.....	73
Gambar 5.24 Step 4 Pushover analysis arah Y.....	74
Gambar 5.25 Step 0 Pushover analysis arah X.....	75
Gambar 5.26 Step 1 Pushover analysis arah X.....	76
Gambar 5.27 Step 2 Pushover analysis arah X.....	77
Gambar 5.28 Step 3 Pushover analysis arah X.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kurva force dengan displacement.....	12
Tabel 2.2 factor R SNI 1726 2002.....	13
Tabel 2.3 Profil tanah 1726 SNI 2002.....	17
Tabel 2.4 Profil tanah SNI 2012.....	17
Tabel 2.5 Perbedaan SNI 03-1726-2002 dan perbedaan SNI 03-1726-2012.....	18
Tabel 3.1 Koefisien situs untuk F_v	25
Tabel 3.2 Koefisien situs untuk F_a	25
Tabel 3.3 Kategori resiko berdasar parameter respon percepatan satu sekon.....	26
Tabel 3.4 Kategori resiko berdasar parameter respon percepatan satu sekon.....	26
Tabel 3.5 Factor keutamaan gempa.....	28
Tabel 4.1 Dimensi balok.....	32
Tabel 4.2 Dimensi kolom.....	33
Tabel 4.3 Koefisien situs, F_a	37
Tabel 4.4 Koefisien situs, F_v	37
Tabel 4.5 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respon percepatan periode 0.2 detik.....	39

Tabel 4.6 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respon percepatan periode 1 detik.....	39
Tabel 4.7 Kategori desain seismic.....	40
Tabel 4.8 koefisien batas atas pada peiode yang dihitung.....	42
Tabel 4.9 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x	42
Tabel 4.10 Output reaksi dasar hasil SAP2000.....	44
Tabel 4.11 Partisipasi ragam terdistribusi.....	45
Tabel 4.12 Kontrol Kinerja Batas Struktur Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah Sumbu X.....	48
Tabel 4.13 Kontrol Kinerja Batas Struktur Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah Sumbu Y.....	48
Tabel 5.1 Displacement- Base reaction arah X.....	60
Tabel 5.2 Displacement- Base reaction arah Y.....	60
Tabel 5.3 Performance point arah Y.....	62
Tabel 5.4 Performance point arah X.....	63
Tabel 5.5 Nilai Displacement tiap lantai.....	64
Tabel 5.6 Faktor α dan PF.....	65
Tabel 5.7 Perhitungan Kurva Kapasitas Dalam Format ADRS.....	66

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan wilayah rawan bencana alam akibat aktifitas tektonik dan vulkanik dalam perut bumi dan Surabaya termasuk kedalam wilayah rawan gempa seperti tercantum dalam SNI 1726 2012 yang membagi Indonesia menjadi 19 area spectrum yang berbeda dan Surabaya termasuk kedalam kategori D (*Yosafat aji pranata*). Bencana alam yang melanda Indonesia dalam beberapa tahun terakhir ini yaitu gempa bumi di Aceh, Yogyakarta dan Padang telah meruntuhkan banyak bangunan, baik bangunan berteknologi tradisional maupun modern. Gedung-gedung didaerah tersebut termasuk Surabaya direncanakan dengan menggunakan peraturan gempa dan beton yang lama yaitu PBI'71, SNI 03-1726-1989 dan SNI 03-2847-1992.

Kondisi di atas perlu diperhatikan , mengingat bangunan merupakan prasarana fisik utama yang penting bagi manusia, yang berfungsi memberikan tempat bagi mereka untuk tinggal dan bekerja . Ditengah meningkatnya kebutuhan manusia akan bangunan, tuntutan terhadap bangunan layak huni dan handal menjadi mutlak saat ini. Gempa menjadi faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam mendisain struktur berteknologi modern sehingga diperlukan rancangan bangunan yang mempunyai daya tahan terhadap gempa bumi yang terjadi , yaitu jika bangunan terkena gempa tidak akan mengalami kehancuran struktural yang dapat merobohkan bangunan tersebut (*Ir. Riyadi Sumanto*). Perubahan yang terjadi pada SNI 1726 2002 menjadi SNI 1726 2012 akan mempengaruhi struktur MNC Tower dikarenakan terjadi perubahan nilai area respon spectrum percepatan menjadi 19 area spectrum dari 6 area spectrum kemudian di SNI 1726 2002 hanya diperhitungkan respon percepatan gempa periode pendek dibandingkan dengan SNI 1726 2012 yang memperhitungkan periode pendek dan periode 1 detik (*Ari wibowo*). Penurunan nilai R untuk sistem SRPMK

beton bertulang dari 8.5 menjadi 8 yang akan mengubah percepatan respon gempa dan periode yang mengakibatkan perbedaan rancangan ketahanan struktur gedung pada gempa bumi (*Meassa Monica*). Hal ini menjadi bukti perlunya pemahaman masyarakat umum akan peraturan gempa dan beton yang baru yaitu SNI-03-1726-2012 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung) yang telah direvisi mengacu dengan perkembangan teknologi bangunan saat ini. Untuk itu penulis merasa perlu untuk mensosialisasikan peraturan baru di atas.

Nantinya dalam Tugas Akhir ini, penulis akan membahas bagaimana perbandingan SNI 1726 2002 dengan SNI 1726 2012, menghitung kemampuan daktilitas struktur gedung dengan metode pushover pada gedung MNC Tower. Pembebanan disesuaikan PPIUG 1983 dengan dan zona gempa Surabaya sesuai SNI 1726-2012.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Apa pengaruh perubahan SNI 1726 2002 menjadi SNI 1726 2012 pada pengaplikasiannya di MNC Tower?
2. Bagaimana hasil evaluasi tingkat keamanan struktur MNC Tower dengan metode *pushover analysis* ?
3. Bagaimana metode memperkuat struktur yang telah rusak ?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui kelayakan atau tidaknya gedung MNC Tower dengan peraturan yang terbaru yaitu SNI 1726 2012
2. Mendapatkan kemampuan tingkat keamanan struktur gedung dengan metode *pushover analysis*.
3. Mendapatkan metode perkuatan pada struktur yang leleh / rusak .

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini meliputi :

1. Tidak memperhitungkan Rencana Anggaran Biaya (RAB);
2. Tidak membahas metode pelaksanaan di lapangan;
3. Perencanaan ini tidak membahas sistem utilitas gedung, perencanaan pembuangan air kotor, saluran air bersih, instalasi / jaringan listrik, finishing, dsb;
4. Tidak memperhitungkan struktur bagian bawah yaitu pondasi;
5. Tidak memperhitungkan perkuatan struktur;
6. Menggunakan SNI 03-2847-2013 untuk persyaratan beton struktural pada bangunan gedung;
7. Menggunakan SNI 1726 2012 untuk standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung;
8. Menggunakan *PPIUG 1983* untuk beban minimum untuk perancangan bangunan beton;
9. Menggunakan ATC 40 (*Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*) untuk metode *pushover analysis*;
10. Efek P-Delta diperhitungkan.

1.5 Manfaat

Manfaat dari hasil evaluasi ini adalah dapat mengetahui kemampuan sesimik dari MNC Tower menggunakan SNI-03-1726-2012 yang telah diperbarui dari versi sebelumnya yaitu SNI-03-1726-2002 sehingga tingkat kinerja gedung dapat diketahui apakah mampu dalam menerima beban gempa dengan peraturan yang telah terbaru.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Perancangan suatu struktur bangunan haruslah dapat memikul beban-beban yang akan menghasilkan gaya-gaya yang bekerja nantinya . Gaya-gaya yang akan bekerja pada suatu struktur bangunan contohnya adalah beban vertikal (gravitasi), beban horizontal/beban lateral (gempa), getaran, dan sebagainya . Gaya horizontal disini diakibatkan oleh gempa bumi yang bekerja pada bangunan akibat respons bangunan dan sistem pondasinya . Muatan gempa horizontal dianggap bekerja dalam arah sumbu-sumbu utama bangunan yang pada bangunan bertingkat tinggi gaya yang lebih menonjol adalah gaya-gaya dorong yang berasal dari tiap lantai. Penyaluran gaya horizontal akan menyebabkan terjadinya perubahan bentuk atau “deformasi” yaitu karena terjadinya tegangan-tegangan pada seluruh bangunan terutama pada elemen-elemen pendukungnya yang akan mengakibatkan kerusakan pada struktur (Ir. Riyadi Ismanto).

2.2 *Performance Based Design*

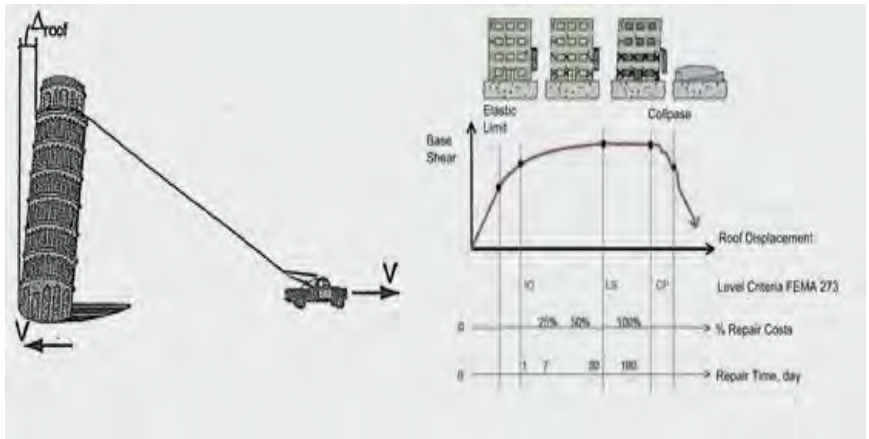
Metodologi perencanaan yang memperkirakan berbagai tingkat kerja (*multiple performance level*) yang diharapkan dapat dipenuhi pada struktur menerima beban gempa dengan berbagai intensitas. Tingkat keamanan dilihat berdasarkan perpindahan atap oleh gaya gempa yang diberikan dan dari spectrum demand kemudian tingkat keamanan dikelompokkan menjadi IO (*Immediate Occupancy*), LS (*Life Safety*), CO (*Collapse Prevention*). Tujuan utama dalam *performance based design*

adalah menciptakan bangunan tahan gempa yang daya gunanya dapat diperkirakan.

Performance based design mempunyai dua elemen utama dalam perencanaannya yaitu kapasitas struktur (*capacity*) dan beban (*demand*). Beban dihasilkan oleh gerakan tanah akibat gempa bumi, dimana nantinya akan digambarkan sebagai kurva *respon spectrum*. Untuk mengetahui kapasitas struktur analisis yang digunakan adalah analisa *pushover*. Dari analisa *pushover* didapatkan performance point yang merupakan perpotongan antara kurva beban dan kapasitas. *Performance point* merupakan estimasi dimana kapasitas struktur mampu menahan beban (*demand*) yang diberikan dari titik kerja (*performance point*) ini dapat diketahui tingkat kerusakan struktur berdasarkan perpindahan lateralnya.

2.3 Pushover Analysis

Analisis *pushover* merupakan analisis statik nonlinier dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban static yang menangkap pada pusat massa masing masing lantai yang nilainya ditingkatkan secara berangsur angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama didalam struktur bangunan gedung . kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk secara elastic yang besar sampai kondisi plastic . Tujuan dari analisis ini adalah mengevaluasi perilaku seismic struktur terhadap beban gempa rencana , yaitu memperlihatkan skema kelelehan (distribusi sendi plastis) .



Gambar 2.1 Grafik dan ilustrasi *pushover* (ATC 40)

Sumber : Jurnal rekayasa sipil, vol 2, no.1-2008 ISSN 1978-5658.

Dari ilustrasi diatas dapat digambarkan mengapa analisa *pushover* adalah nonlinier karena kuva masih linier pada batas elastis kemudian kekakuan struktur yang telah diberikan beban bertingkat secara bertahap mengalami penurunan kekakuan yang bisa dilihat pada grafik bahwa kurva bergerak landai kemudian semakin landai hingga akhirnya struktur runtuh .

Hasil akhir dari analisa ini berupa nilai-nilai gaya-gaya geser dasar (*baseshear*) untuk menghasilkan perpindahan dari struktur tersebut. Nilai-nilai tersebut akan digambarkan dalam bentuk kurva kapasitas yang merupakan gambaran perilaku struktur dalam bentuk perpindahan lateral terhadap beban (demand) yang diberikan. Selain itu, analisis *pushover* dapat menampilkan secara visual elemen-elemen struktur yang mengalami kegagalan, sehingga dapat dilakukan pencegahan dengan melakukan

pendetailan khusus pada elemen struktur tersebut. Untuk dapat mempermudah dalam memahami analisa *pushover* maka dibutuhkan tiga elemen penting analisa ini yaitu kurva kapasitas, *spectrum demand*, dan kinerja .

2.3.1 Kurva Kapasitas

Kurva kapasitas yang didapat dari analisis *pushover* menggambarkan kekuatan struktur yang besarnya sangat tergantung dari kemampuan momen deformasi dari komponen struktur. Cara termudah untuk membuat kurva ini adalah dengan mendorong struktur dengan cara bertahap (*pushover*) dan mencatat hubungan antara gaya geser dasar (base shear) dan perpindahan atap akibat beban lateral yang dikerjakan dengan pola pembebanan tertentu (*Benjamin lumantarna*). Kurva kapasitas ini diubah menjadi spectrum kapasitas dalam format ADRS melalui persamaan berikut sesuai ATC 40 :

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}) / g \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N w_i / g \right] \left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2) / g \right]}$$

$$PF_1 = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}) / g}{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2) / g} \right]$$

$$S_a = \frac{V/W}{\alpha_1}$$

$$S_d = \frac{\Delta_{atap}}{PF_1 \phi_{atap,1}}$$

Dimana :

PF_1 = faktor partisipasi ragam (*modal participation factor*) untuk ragam ke-1

α_1 = koefisien massa ragam untuk ragam ke-1

w_i/g = massa lantai i

ϕ_{i1} = perpindahan pada lantai i ragam ke-1

N = jumlah lantai

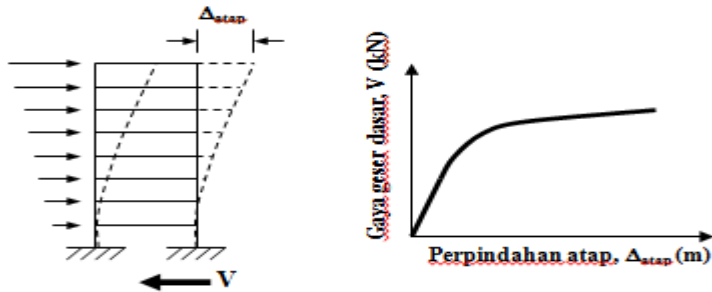
V = gaya geser dasar

W = berat struktur (akibat beban mati dan beban hidup tereduksi)

Δ_{atap} = perpindahan atap (yang digunakan pada kurva kapasitas)

S_a = spektrum percepatan

S_d = spektrum perpindahan



Gambar 2.2 Grafik kurva kapasitas

Sumber : Journal Universitas Petra Surabaya, Benjamin Lumantara

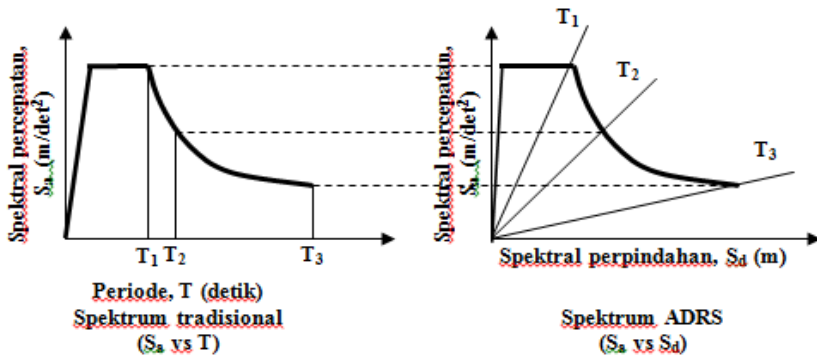
2.3.2 Spektrum Demand

Demand merupakan respon maksimum struktur terhadap gerakan tanah dasar akibat gempa yang terjadi sehingga

mengakibatkan perpindahan lantai. Spectrum demand sendiri didapatkan dari spectrum respon elastsis yang umumnya dinyatakan dalam satuan percepatan, S_a dan periode struktur T . Spectrum respon ini perlu dirubah dalam bentuk ADRS agar menjadi spectrum demand, sehingga format S_a dan T berubah menjadi S_a dan S_d menggunakan persamaan berikut sesuai ATC 40 :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{S_d}{S_a}}$$

$$S_d = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 S_a$$

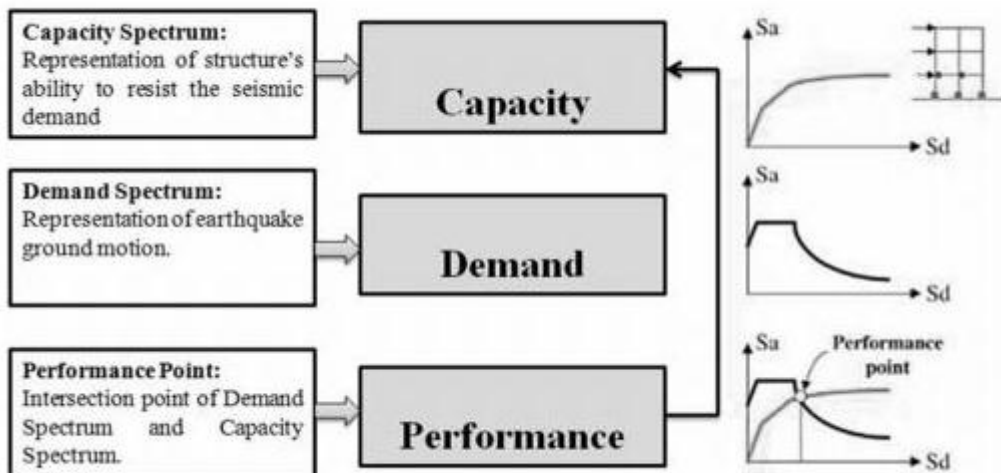


Gambar 2.3 Kurva spektrum demand

Sumber : Journal Universitas Petra Surabaya, Benjamin Lumentara

2.3.3 Kinerja (*Performance*)

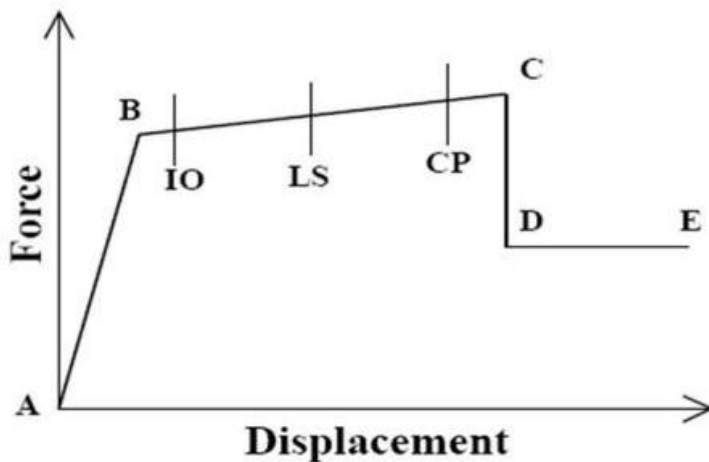
Kinerja struktur dapat diketahui apabila kurva kapasitas dan spectrum demand telah didapat. Spectrum demand digabungkan kedalam kurva kapasitas yang kemudian dapat dilihat titik kinerja (*performance point*) dari struktur itu sendiri.



Gambar 2.4 Proses mendapatkan performance point

Sumber : Journal University of New Delhi India

Setelah titik kinerja telah diketahui maka dapat diketahui performance level suatu struktur. Menurut ATC 40 yang mengacu pada NERHRP dan Vision 2000 level kinerja dibagi berdasarkan IO (*Immediate Occupancy*), LS (*Life Safety*), CO (*Collapse Prevention*) dimana penjelasan mengenai level kinerja masing masing bisa dilihat pada tabel dibawah ini :



Gambar 2.5 Level kinerja

Sumber : ITS JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING / Vol. 29 No. 1/ May 2009

Tabel 2.1 Kurva force dengan displacement

Level Kinerja		Penjelasan
NEHRP	Vision 2000	
<i>Operational</i>	<i>Fully Functional</i>	Tak ada kerusakan berarti pada struktur dan non-struktur, bangunan tetap berfungsi.
<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Operational</i>	Tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa. Komponen non-struktur masih berada ditempatnya dan sebagian besar masih berfungsi jika utilitasnya tersedia. Bangunan dapat tetap berfungsi dan tidak terganggu dengan masalah perbaikan.
<i>Life Safety</i>	<i>Life Safe</i>	Terjadi kerusakan komponen struktur, kekakuan berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan. Komponen non-struktur masih ada tetapi tidak berfungsi. Dapat dipakai lagi jika sudah dilakukan perbaikan.
<i>Collapse Prevention</i>	<i>Near Collapse</i>	Kerusakan yang berarti pada komponen struktur dan non-struktur. Kekuatan struktur dan kekakuannya berkurang banyak, hampir runtuh. Kecelakaan akibat kejatuhan material bangunan yang rusak sangat mungkin terjadi.

Sumber : NEHRP dan Vision2000

2.4 SNI 1726 2012 dan SNI 1726 2002

SNI 1726 2012 merupakan salah satu pedoman tata perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung sebagai revisi dari SNI 03-1726-2002 yang akan menjadi persyaratan minimum ketahanan gempa . Perubahan yang terjadi dalam SNI 1726 2012 dibanding SNI 03-1726-2002 yang pertama adalah perubahan R (koefisien modifikasi respon) dimana $R = 8.5$ SNI 1726 2002 menjadi $R = 8$ di SNI 1726 2012 yang hasilnya nanti akan merubah kemampuan struktur gedung dalam menerima V (gaya geser didasar struktur).

Tabel 2.2 factor R SNI 1726 2002

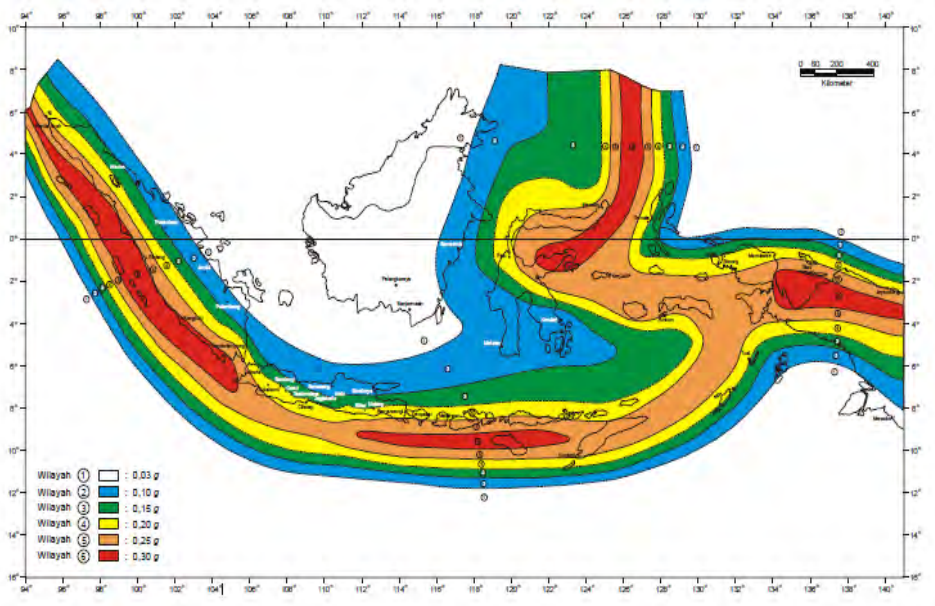
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB
E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempayang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI ^(M)
2. Dinding geser beton bertulang khusus	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30

3. Sistem rangka penikul momen (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang penikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka penikul momen terutama melalui mekanisme lentur)	1. Rangka penikul momen khusus (SRPMK)			
	a. Baja	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka penikul momen menengah beton (SRPMM)	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka penikul momen biasa (SRPMB)			
	a. Baja	2,7	4,5	2,8
	b. Beton bertulang	2,1	3,5	2,8
4. Sistem ganda (Terdiri dari: 1) rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi; 2) penikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka penikul momen. Rangka penikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral; 3) kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi /sistem ganda)	4. Rangka batang baja penikul momen khusus (SRBPMK)	4,0	6,5	2,8
	1. Dinding geser			
	a. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang	4,0	6,5	2,8
	2. RBE baja			
	a. Dengan SRPMK baja	5,2	8,5	2,8
	b. Dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	3. Rangka bresing biasa			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,0	6,5	2,8
	b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	4,0	6,5	2,8
	d. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	2,6	4,2	2,8
	4. Rangka bresing konsentrik khusus			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,6	7,5	2,8
	b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
5. Sistem struktur gedung kolom kantilever: (Sistem struktur yang memanfaatkan kolom kantilever untuk memikul beban lateral)	Sistem struktur kolom kantilever	1,4	2,2	2
6. Sistem interaksi dinding geser dengan rangka	Beton bertulang biasa (tidak untuk Wilayah 3, 4, 5 & 6)	3,4	5,5	2,8
7. Subsistem tunggal (Subsistem struktur bidang yang membentuk struktur gedung secara keseluruhan)	1. Rangka terbuka baja	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka terbuka beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	3. Rangka terbuka beton bertulang dengan balok beton pratekan (bergantung pada indeks baja total)	3,3	5,5	2,8
	4. Dinding geser beton bertulang berangkai daktail penuh	4,0	6,5	2,8

Sumber : SNI 03-1726-2012

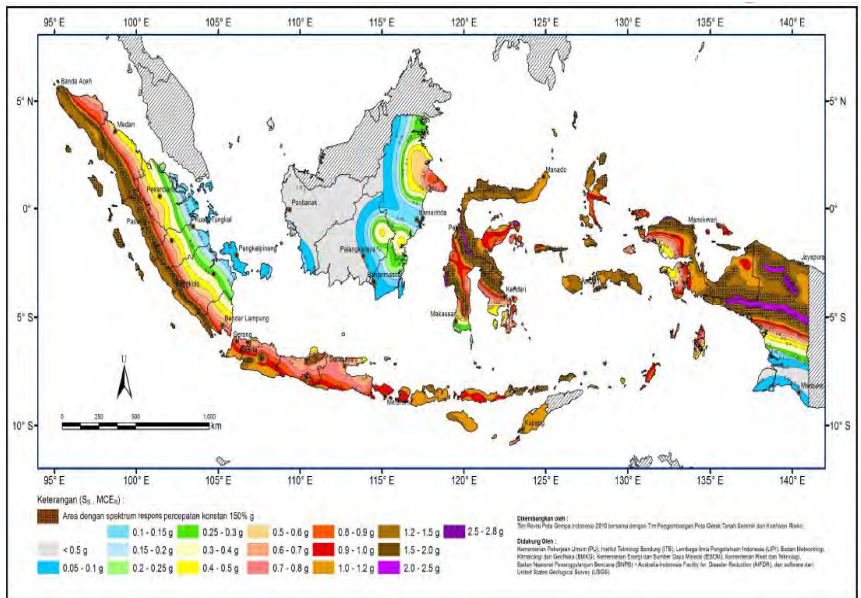
Yang kedua adalah wilayah gempa dan parameter percepatan respon spektral pada SNI 1726 2012 parameter percepatan respon spektralnya dibagi menjadi 2 yaitu S_1 (percepatan respon spektral pada periode 1 s) dan S_s (percepatan respon spektral pada periode pendek yaitu 0.2 s – 1 s) sedangkan untuk SNI 1726 2002 hanya diperhitungkan S_s saja . Untuk wilayah gempa SNI 1726 2012 dibagi menjadi 19 wilayah yang berbeda untuk S_1 berdasarkan area respon spektrumnya dari yang terkecil yaitu

<0.05g dikodekan dengan warna abu abu dan yang paling tinggi adalah 1.0g-1.2g dikodekan dengan warna coklat dan 22 wilayah untuk Ss dengan area respon spektrumnya yang terkecil adalah <0.5g dan terbesar 2.5g-2.8g , sedangkan untuk SNI 1726 2002 dibagi menjadi 6 wilayah berdasarkan percepatan puncak batuan dasar



Gambar 2.6 Peta wilayah gempa SNI 1726 2002 yang terbagi 6 wilayah gempa

Sumber : SNI 03-1726-2002



Gambar 2.7 Peta wilayah gempa SNI 1726 2012 yang terbagi menjadi 19 wilayah gempa
 Sumber : SNI 03-1726-2012

Yang ketiga adalah klasifikasi tanah pada SNI 2002 hanya terdiri dari 4 jenis yaitu tanah keras , tanah sedang , dan tanah lunak yang didasarkan penelitian dilapangan pada profil tanah lapisan 30m paling atas memenuhi syarat syarat sebagai berikut

Tabel 2.3 Profil tanah 1726 SNI 2002

Tabel 4 Jenis-jenis tanah			
Jenis tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rata-rata, \bar{V}_s (m/detik)	Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata \bar{N}	Kuat geser niralir rata-rata \bar{S}_u (kPa)
Tanah Keras	$\bar{V}_s \geq 350$	$\bar{N} \geq 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq \bar{V}_s < 350$	$15 \leq \bar{N} < 50$	$50 \leq \bar{S}_u < 100$
Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	atau, setiap profil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3 m dengan $PI > 20$, $w_R \geq 40\%$ dan $S_u < 25$ kPa		
Tanah Khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		

Sumber : SNI 03-1726-2012

- \bar{V} = kecepatan rata rata gelombang geser
- N = tahanan penetrasi standar lapangan rata rata
- S = kuat geser niralir rata rata

Sedangkan untuk SNI 2012 terdiri dari 6 kelas situs tanah yaitu SA(batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras, sangat padat dan lunak), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak), SF (tanah khusus) yang didasarkan penelitian dilapangan pada profil tanah lapisan 30m paling atas memenuhi syarat syarat sebagai berikut

Tabel 2.4 Profil tanah SNI 2012

Tabel 3 Klasifikasi situs			
Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	N atau N_{60}	\bar{S}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
Tabel 3 Klasifikasi situs (lanjutan)			
Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	N atau N_{60}	\bar{S}_u (kPa)
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersesmentasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{S}_u < 50$ kPa		

Sumber : SNI 03-1726-2012

- \tilde{v} = kecepatan rata rata gelombang geser
- N = tahanan penetrasi standar lapangan rata rata
- S = kuat geser niralir rata rata

Sehingga bisa kita sederhanakan perbedaan SNI 1726 2002 dengan SNI 1726 2012 adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5 Perbedaan SNI 03-1726-2002 dan perbedaan SNI 03-1726-2012

no	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2012
1	Pada SNI 2002 nilai R lebih kecil dibanding 2012	Pada SNI 2012 nilai R lebih besar dibanding 2002
2	Parameter respon spektral hanya periode pendek	Parameter respon spektral terbagi menjadi dua yaitu periode pendek dan periode satu sekon
3	Klasifikasi tanah terbagi menjadi 4 jenis	Kasifikasi tanah terbagi menjadi 6 jenis
4	Wilayah gempa terbagi menjadi 6 wilayah	Wilayah gempa terbagi menjadi 19 wilayah

2.5 Metode Perkuatan Struktur

Perkuatan struktur dilakukan bila struktur tidak dapat menerima gaya gempa yang telah direvisi dengan SNI 1726 2012 sehingga diperlukan perkuatan pada struktur hingga *life safety* dipenuhi. Metode perkuatan struktur mempunyai banyak varian ,berikut beberapa macam metode perkuatan struktur :

- Memperpendek bentang dari struktur dengan konstruksi beton ataupun dengan konstruksi baja.
Tujuannya adalah memperkecil gaya-gaya dalam yang terjadi, tetapi harus dianalisa ulang akibat dari

perpendekan bentang ini yang menyebabkan perubahan dari gaya-gaya dalam tersebut.

Umumnya dilakukan dengan menambah balok atau kolom baik dari beton maupun dari baja.

- Memperbesar dimensi daripada konstruksi beton.

Umumnya digunakan beton sebagai material untuk memperbesar dimensi struktur; dengan adanya admixture beton generasi baru, dimungkinkan untuk menghasilkan beton yang dapat memadat sendiri (*self compacting concrete*), dibahas di bagian 4 – *Self Compacting Concrete*.

Akibat dari penambahan dimensi tersebut, maka harus diperhatikan bahwa secara keseluruhan beban dari Bangunan tersebut bertambah, sehingga harus dilakukan analisa secara menyeluruh dari struktur atas sampai pondasi.

- Menambah plat baja.

Tujuan dari penambahan ini adalah untuk menambah kekuatan pada bagian tarik dari struktur Bangunan.

Didalam penambahan plat baja tersebut, harus dijamin bahwa plat baja menjadi satu kesatuan dengan struktur yang ada, umumnya untuk menjamin lekatan antara plat baja dengan struktur beton digunakan *epoxy adhesive*.

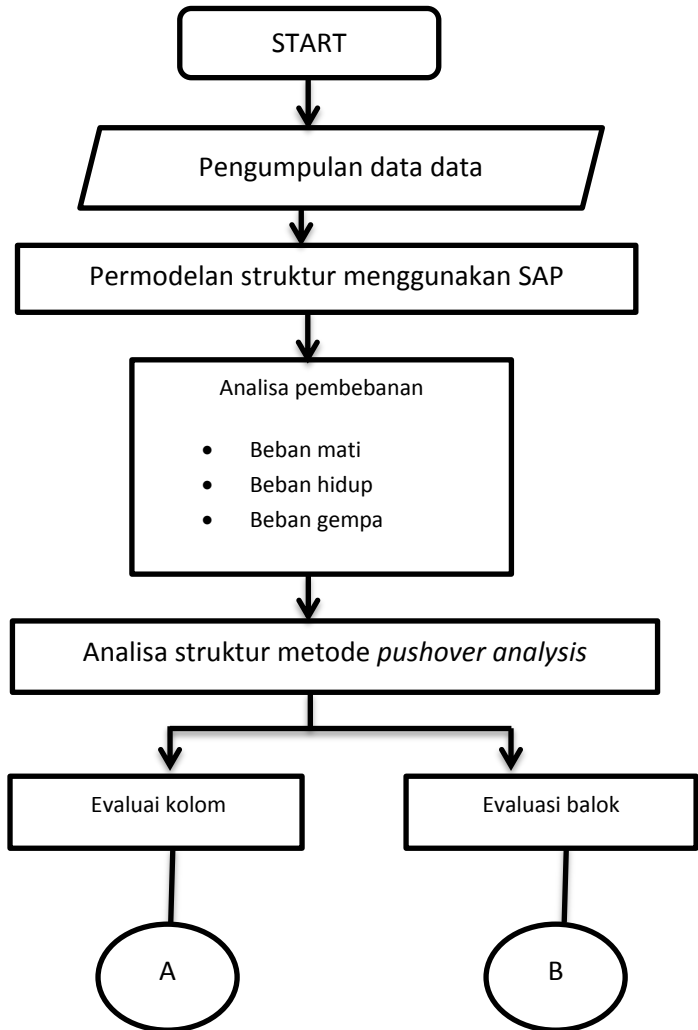
- Menggunakan FRP (*Fibre Reinforced Polymer*)

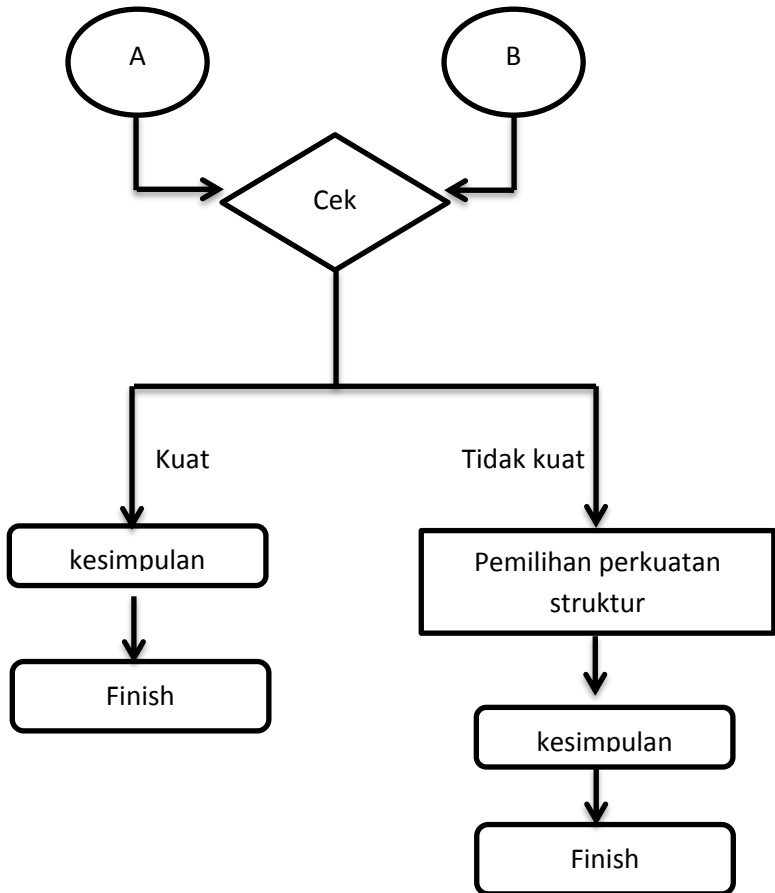
Prinsip daripada penambahan FRP sama seperti penambahan plat baja, yaitu menambah kekuatan di bagian tarik dari struktur.

Tipe FRP yang sering dipakai pada perkuatan struktur adalah dari bahan carbon, aramid dan glass. Bentuk FRP yang sering digunakan pada perkuatan struktur adalah *Plate / Composite* dan *Fabric / Wrap*

Bentuk plate lebih efektif dan efisien untuk perkuatan lentur baik pada balok maupun plat serta pada dinding; sedang bentuk wrap lebih efektif dan efisien untuk perkuatan geser pada balok serta untuk meningkatkan kapasitas beban axial dan geser pada kolom.

BAB III
METODOLOGI
3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir





3.2 Pengumpulan Data

Data data yang diperlukan berupa :

3.2.1 data umum bangunan

- nama gedung : MNC Tower
- fungsi : Perkantoran
- jumlah lantai : 12 lantai
- tinggi gedung : 48 meter

3.2.2 data bahan

Mutu beton (Lt.Dasar-6) : $F'_c = 33 \text{ Mpa}$: $D \geq 13 \text{ mm}$
 Mutu beton (Lt.7-12) : $F'_c = 29 \text{ Mpa}$: $D \geq 13 \text{ mm}$
 Mutu tulangan : $f_y = 500 \text{ Mpa}$: $D \geq 13 \text{ mm}$

3.3 Pemodelan Struktur Gedung MNC Tower Menggunakan Softwear SAP 2000

Dari data data yang telah didapatkan dari proyek maka permodelan struktur dilakukan menggunakan aplikasi SAP 2000 untuk lebih lanjutnya akan dilakukan analisa *pushover* menggunakan aplikasi softwear ini.

3.4 Analisa Pembebanan

Analisa pembebanan disini terdiri dari beban mati, beban hidup dan beban gempa dimana beban mati dan beban hidup sesuai dengan aturan PPIUG 1983 sedangkan beban gempa sesuai dengan SNI 03-1726-2012.

3.4.1 Beban Horizontal

Beban horizontal dalam kasus ini adalah beban gempa memakai SNI 03-1726-2012 yang merupakan revisi dari SNI 03-1726-2002. Dalam beban horizontal ini juga tidak diperhitungkan beban angin karena bebannya yang kecil dan tidak sebanding dengan beban gempa. Langkah langkah dalam menentukan beban gempa adalah sebagai berikut :

3.4.1.2 Beban Vertical

Terdiri dari beban mati dan beban hidup

3.4.1.1 Perencanaan Gaya Horizontal

- i. Menentukan respon spectra percepatan periode 0.2 s dan 1s dengan melihat peta gempa yang ada di SNI 1726 2012



Gambar 3.1 spectra percepatan 0.2 sekon

Sumber : SNI 03-1726-2012



Gambar 3.2 spectra percepatan 1 sekon
Sumber : SNI 03-1726-2012

- ii. Mendapatkan parameter koefisien situs (F_a dan F_v) dari tabel 4 dan 5 SNI 03-1726-2012

Tabel 3.1 koefisien situs untuk F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^0				

Sumber : SNI 03-1726-2012

Tabel 3.2 koefisien situs untuk F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

Sumber : SNI 03-1726-2012

- iii. Menghitung nilai spectrum respon percepatan pada periode pendek (SMs) dan nilai spectrum respon percepatan pada periode 1 sekon ($SM1$) menggunakan rumus :

$$SMs = F_a \times S_s$$

$$SM1 = F_v \times S_1$$

Dimana :

S_s = Nilai respon spektra percepatan untuk periode pendek 0.2 detik di batuan dasar

S_1 = Nilai respon spektra percepatan untuk periode 1.0 detik di batuan dasar

F_a = Koefisien periode pendek 0.2 detik

F_v = Koefisien periode 1.0 detik

- iv. Menghitung parameter spectral desain menggunakan rumus :

$$S_{DS} = \frac{2}{3}(F_a \times S_s) \text{ dan } S_{D1} = \frac{2}{3}(F_v \times S_1)$$

- vi. Menghitung kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan periode pendek dan satu sekon berdasarkan tabel 6 dan 7 SNI 03-1726-2012

Tabel 3.3 kategori resiko berdasar parameter respon percepatan satu sekon

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI 03-1726-2012

Tabel 3.4 kategori resiko berdasar parameter respon percepatan satu sekon

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 03-1726-2012

- vi. Menghitung nilai spectrum desain (S_a)

- untuk periode $T \leq T_o$ dimana rumus T_o sendiri adalah $T_o = 0.2x \frac{SD1}{SDS}$ menggunakan rumus :

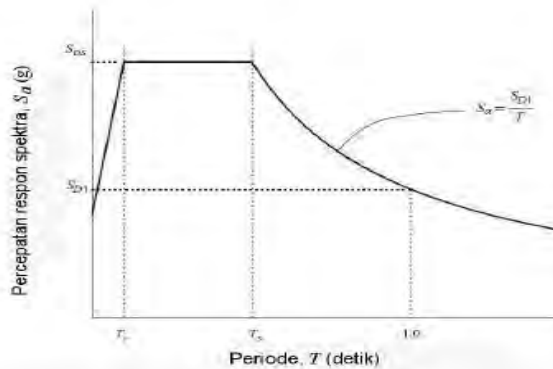
$$S_a = SDS(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_o})$$

- untuk periode $T_0 \leq T \leq T_s$ menggunakan rumus :

$$S_a = S D_s$$
- untuk periode $T \geq T_s$ dimana rumus T_s sendiri adalah $T_s = \frac{S_{D1}}{S D_s}$ maka menggunakan rumus :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

dari data diatas maka didapat grafik spectrum respon desain seperti berikut :



Gambar 3.3 Spectrum respon desain

Sumber : SNI 03-1726-2012

vii. Menghitung gaya dasar seismic menggunakan rumus

$$V = C_s W$$

dimana C_s (koefisien respon seismic) $C_s = \frac{S D_s}{R/I_e}$ dimana nilai C_s

tidak melebihi dari $C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$

dan tidak kurang dari $C_s = 0.044 S D_s I_e \geq 0.01$ sesuai dengan ketentuan SNI 03-1726-2012

keterangan :

SDs = parameter percepatan respon spectrum desain rentang pendek

W = berat sesimik efektif

R = factor modifikasi respon

Ie = factor keutamaan gempa

dimana :

Tabel 3.5 factor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 03-1726-2012

viii. Gaya gempa lateral

$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

F_x = Gaya gempa lateral

C_{vx} = factor distribusi lateral

$$C_{vx} = \frac{W_x H_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

V = gaya lateral

3.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai SNI 1726-2012

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5 (L \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,6 (L \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
- $1,2D + 1,0E + L$
- $0,9D + 1,0E$

3.6 Analisis *Pushover*

Analisa *pushover* akan menghasilkan gaya geser dasar (base shear) untuk menghasilkan perpindahan dari struktur tersebut. Nilai nilai tersebut digambarkan dalam bentuk kurva kapasitas nantinya yang akan dibandingkan dengan kurva spectrum design yang akan menghasilkan performance point dari perbandingan kedua grafik tersebut. Dalam hal ini saya menggunakan program bantu software SAP 2000 yang sudah built in *pushover* didalamnya. Berikut tahapan metode analisa *pushover* :

- Membuat model struktur 3 dimensi sesuai spesifikasi MNC Tower.
- Membuat property sendinya yaitu jika kolom tipe sendi *default* P-M-M (sendi plastis terjadi karena interaksi gaya aksial dan momen) sedangkan jika balok maka tipe sendi *default* M3 (balok efektif menahan momen dalam arah sumbu kuat yang berarti sendi plastis terjadi pada momen searah sumbu local 3)

- Beban untuk analisa ini berupa beban joint dalam arah lateral yang diberikan pada pusat massa masing masing lantai
- Hasil dari running analisis SAP maka akan didapatkan hubungan antara gaya geser dasar dengan perpindahan (kurva kapasitas) yang nantinya dibandingkan dengan gravik spectrum demand yang telah dirubah dalam format ADRS sehingga didapatkan performance point.
- Dari performance point didapat level kinerja yang dapat dikategorikan berdasarkan aturan ATC40 yang mengacu pada Vision 2000

3.7 Metode Perkuatan

Metode perkuatan dilakukan jika struktur MNC Tower tidak cukup kuat dalam menerima beban gempa yang telah direvisi dari SNI 1726 2002 menjadi SNI 1726 2012 maka perkuatan struktur yang dapat direkomendasikan disini dapat menggunakan beberapa metode seperti yang dijelaskan pada bab 2.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

PEMBEBANAN

4.1 Data Bangunan

4.1.1 Data umum bangunan

Nama gedung : MNC Tower
Fungsi : Perkantoran
Sistem gedung : Sistem rangka pemikul momen khusus
Jumlah lantai : 12 lantai
Tinggi total : 48 meter
Luas total : 588.9 meter²

4.1.2 Data Bahan

Mutu beton kolom (Lt.Dasar-6) : $f'_c = 33 \text{ Mpa} : D \geq 13 \text{ mm}$
Mutu beton kolom (Lt.7-12) : $f'_c = 29 \text{ Mpa} : D \geq 13 \text{ mm}$
Mutu beton balok : $f'_c = 25 \text{ Mpa} : D \geq 13 \text{ mm}$
Mutu tulangan (ulir) : $f_y = 500 \text{ Mpa} : D \geq 13 \text{ mm}$

4.1.3 Data dimensi balok

Tabel 4.1 dimensi balok

No	Tipe Balok	Dimensi	Keterangan
1	B1	250 x 400	balok anak
2	B2	300 x 500	balok anak
3	B3	300 x 600	balok induk
4	B4	350 x 650	balok induk
5	B5	400 x 700	balok Induk

Sumber : Data Dimensi MNC Tower

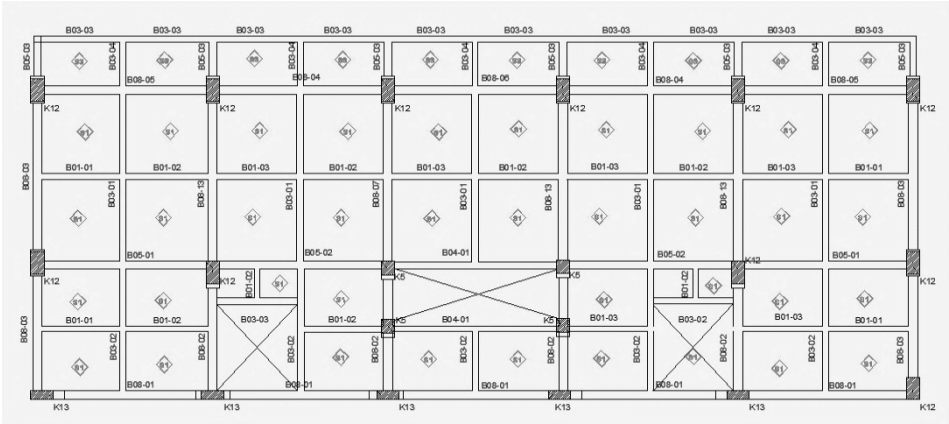
4.1.4 Data dimensi kolom

Tabel 4.2 dimensi kolom

No	Tipe Kolom	Dimensi	Keterangan
1	K5	600 x 600	Lantai dasar-6
2	K5A	600 x 600	Lantai 7-12
5	K9	400 X 1000	Lantai 7-12
6	K10	600 X 1000	Lantai 7-12
7	K12	400 X 1000	Lantai dasar-6
8	K12A	400 X 1000	Lantai 7-12
9	K13	600 X 1000	Lantai dasar-6
10	K13A	600 X 1000	Lantai 7-12

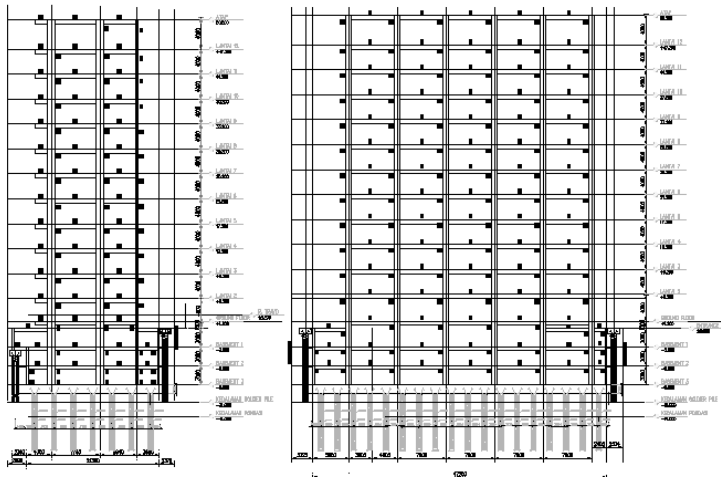
Sumber : Data Dimensi MNC Tower

4.2 Denah Pembalokan



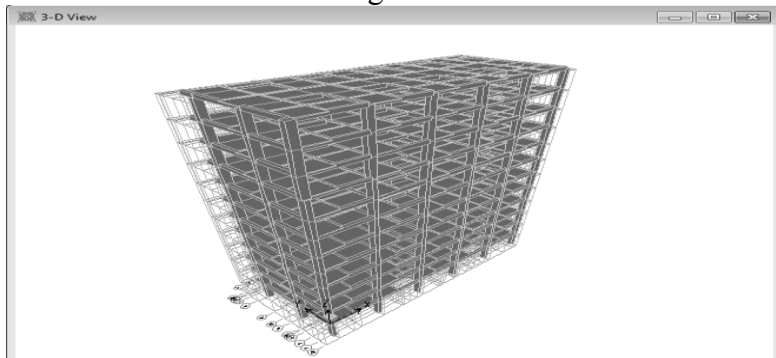
Gambar 4.1 Denah MNC Tower
Sumber : Denah MNC Tower

4.3 Potongan Memanjang Dan Melintang Bangunan



Gambar 4.2 Potongan memanjang dan melintang bangunan
Sumber : Potongan A-A dan B-B MNC Tower

4.4 Permodelan struktur dengan SAP2000



Gambar 4.3 Permodelan struktur dengan SAP2000
Sumber : SAP2000

4.5 Pembebanan

4.5.1 Beban Gravitasi

Beban mati :

berat sendiri beton bertulang	= 2400 kg/m ³
keramik	= 15 kg/ m ²
dinding bata ringan	= 100 kg/ m ²
plafond	= 11 kg/ m ²
penggantung	= 7 kg/ m ²
plumbing	= 10 kg/ m ²
adukan atau finishing / 1 cm	= 21 kg/m ³

Beban hidup :

beban hidup pada lantai	= 250 kg/m ²
beban hidup pada plat tangga	= 300 kg/m ³

4.5.2 Beban Gempa

Didalam analisa struktur , struktur utama merupakan suatu komponen utama dimana kekakuannya mempengaruhi perilaku gedung tersebut. Dalam hal ini beban gempa rencaa dikontrol sesuai peraturan gempa yaitu dengna SNI 1726 2012 yang terdiri dari gaya geser dasar (*base shear*), waktu getar alami fundamental (*T*), dan simpangan (*drift*).



Gambar 4.4 Lokasi gedung MNC Tower

Sumber : <http://Peta.Surabaya.com>

4.5.2.1 Menentukan nilai S_1 dan S_s

Menentukan respon spectra percepatan periode S_s (respon spectra periode 0.2 sekon) dan S_1 (respon spectra periode 1 sekon) dengan melihat peta gempa yang ada di SNI 1726 2012. Dimana S_1 dan S_s diambil dari sampel penelitian dengan percepatan batuan dasar akibat gempa 50 tahun.



Gambar 4.5 Spectra percepatan 0.2 sekon
Sumber : SNI 03-1726-2012



Gambar 4.6 Spectra percepatan 1 sekon
Sumber : SNI 03-1726-2012

Dilihat dari gambar diatas dimana letak gedung berada di Surabaya maka untuk nilai $S_1 = 0.3$ dan untuk nilai $S_s = 0.7$ sesuai parameter warna pada SNI 1726-2012.

4.5.2.2 Mencari Fad an Fv (koefisien situs)

Untuk menentukan nilai koefisien situs terlebih dahulu menentukan nilai kelas situs dimana data kelas situs berdasarkan jenis tanah lokasi gedung tersebut dan dalam kasus MNC tower didapat kelas situs SE (tanah lunak). Dari tabel 4.3 dan 4.4 sesuai SNI 1726 2012 didapat nilai Fa dan Fv.

Tabel 4.3 Koefisien situs, Fa

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF			SS^b		

Sumber : SNI 03-1726-2012

Untuk kelas situs SE dan $S_s=0.7$ didapatkan nilai dari hasil interpolasi $\frac{0.75-0.70}{0.75-0.5} = \frac{1.2-Fa}{1.2-1.7}$ maka $Fa=1.3$

Tabel 4.4 Koefisien situs, Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF			SS^b		

Sumber : SNI 03-1726-2012

Untuk kelas situs SE dan $S_1=0.3$ didapatkan nilai $Fv=2.8$

4.5.2.3 Perhitungan SMs dan SM₁

SMs (spectrum respon percepatan periode pendek) dan SM₁ (spectrum respon percepatan periode 1 detik)

Spectrum respon percepatan periode pendek

$$SM_s = F_a \times S_s$$

$$SM_s = 1.3 \times 0.7$$

$$SM_s = 0.91$$

Spectrum respon percepatan periode 1 detik

$$SM_1 = F_v \times S_1$$

$$SM_1 = 2.8 \times 0.3$$

$$SM_1 = 0.84$$

4.5.2.4 Perhitungan Parameter spectral desain SDs dan SD₁

Perhitungan SDs :

$$S_{Ds} = \frac{2}{3} (F_a \times S_s)$$

$$SD_s = 2/3 \times 0.91$$

$$SD_s = 0.61$$

Perhitungan SD₁

$$S_{D1} = \frac{2}{3} (F_v \times S_1)$$

$$SD_1 = 2/3 \times 0.84$$

$$SD_1 = 0.56$$

4.5.2.5 Menentukan kategori desain seismic

Nilai dari SDs (parameter respon spectrum percepatan periode 0.2 detik) mempunyai nilai 0.61 dari perhitungan sebelumnya sehingga jika melihat dari tabel 4.5 dengan kategori II yaitu gedung perkantoran maka kategori desain seismic SDs = D

Tabel 4.5 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respon percepatan periode 0.2 detik

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 03-1726-2012

Nilai dari SD_1 (parameter respon spectrum percepatan periode 1 detik) mempunyai nilai 0.56 dari perhitungan sebelumnya sehingga jika melihat dari tabel 4.6 dengan kategori II yaitu gedung perkantoran maka kategori desain seismic $SD_1 = D$

Tabel 4.6 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respon percepatan periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI 03-1726-2012

Sehingga dari data perhitungan sebelumnya bahwa gedung MNC Tower mempunyai sistem rangka beton pemikul momen khusus dan kategori desain seismic tergolong kategori D maka dengan melihat tabel SNI 1726 2012 pada halaman 36 didapat nilai koefisien $R = 8$ dengan keterangan bahwa gedung MNC Tower

yang mempunyai tinggi 48 meter memenuhi syarat untuk dibangun sesuai dengan batasan tinggi struktur di SNI 1726-2012 kategori TB (Tidak Dibatasi).

Tabel 4.7 Kategori desain seismic

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismic				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
24.Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25.Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26.Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C.Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^{h,j}	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	2	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI

Sumber : SNI 03-1726-2012

4.5.2.6 Menentukan Spektrum Respon Desain

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 ($T < T_0$)

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \times \frac{0.56}{0.61} = 0.18 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.56}{0.61} = 0.92 \text{ detik}$$

$$S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad S_a = 0.61 \left(0.4 + 0.6 \frac{0.1}{0.18} \right) = 0.45 \text{ det ik}$$

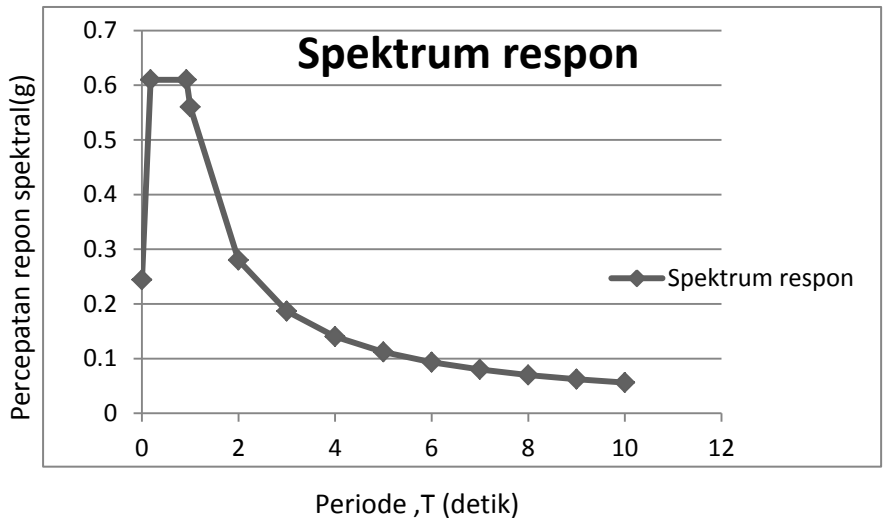
Untuk periode $T_0 \leq T \leq T_s$

$$S_a = S_{DS}$$

$$S_a = 0.61 \text{ detik}$$

Untuk periode $T > T_s$

$$S_a = \frac{SD1}{T} = \frac{0.61}{T} = \frac{0.61}{1} = 0.61$$



Gambar 4.7 Spectrum respon desain

4.5.2.7 Menentukan periode waktu getar alami fundamental

$$T_a < T < C_u T_a$$

$$T_a = C_t h n^x$$

T_a = periode fundamental pendekatan

T = periode fundamental dari perhitungan SAP

C_u = koefisien batas pada periode yang dihitung

Tabel 4.8 koefisien batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : SNI 03-1726-2012

Tabel 4.9 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Sumber : SNI 03-1726-2012

$$T_a = 0.0466 \times 48^{0.9} = 1.51$$

Karena nilai SD_1 lebih dari 0.4 maka koefisien C_u didapat 1.4 sehingga nilai $C_u T_a = 2.13$

T didapat dari SAP2000 = 2.01 detik

Maka $T_a = 1.51 \text{ detik} \leq T_{\text{program}} = 2.01 \text{ detik} \leq C_u T_a = 2.13 \text{ detik}$

4.5.2.8 Menentukan Koefisien Respon Seismik

Berdasarkan pasal 7.8.1.1 SNI 1726 2012 nilai Koefisien respon seismic (C_s)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

Dengan :

$$S_{DS} = 0.61$$

$$I_e = 1$$

$$R = 8$$

Nilai R yang dipakai untuk Sistem Rangka Pemikul Momen beton bertulang

$$C_s = \frac{0.61}{\left(\frac{8}{1}\right)}$$

$$C_s = 0.076$$

Dan nilai C_s tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_s = \frac{0.56}{\left(\frac{8}{1}\right) \times 2.01} = 0.033$$

Dan nilai C_s tidak kurang dari

$$C_s = 0.044 S_{DS} I_e \geq 0.01$$

$$C_s = 0.044 \times 0.61 \times 2.01 \geq 0.01$$

$$C_s = 0.053 \text{ (ok)}$$

Maka diambil nilai C_s sebesar 0.033

4.5.2.9 Perhitungan Gaya Geser Dasar

Gaya geser yang telah didapatkan dari perhitungan di atas akan didistribusikan secara vertikal ke masing-masing lantai sesuai dengan RSNI 1726-2012

$$V = C_s W, \text{ dimana:}$$

$$C_s = 0.033$$

Berat sendiri	= 3078664.78	kg
Berat plat	= 2160000	kg
50 % Berat Hidup	= 940000	kg
Total	= 6178664	kg

$$V = 0.033 \times 6178664 = 203896 \text{ kg}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $0,85V/V_t$ (SNI 03-1726-2012). Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 didapatkan gaya geser dasar ragam (V_t) sebagai berikut :

Tabel 4.10 Output reaksi dasar hasil SAP2000

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Tonf	Tonf
RUX	LinRespSpec	196.1575	58.6945
RUY	LinRespSpec	57.4229	200.5029

Sumber : SAP2000

$$V = 0.85 \times 203896 = 173311 \text{ kg}$$

$$V_{x_t} > 0,85V$$

$$196157 \text{ kg} > 173311 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$

Maka untuk arah y,

$$V_{y_t} > 0,85V$$

$$200502 \text{ kg} > 173311 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$

Ternyata hasil dari analisa ulang tersebut sudah memenuhi persyaratan RSNI 03-1726-2012. Selanjutnya geser dasar ragam hasil running ulang tersebut akan digunakan sebagai beban gempa desain.

4.6 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Ps. 7.9.1 jumlah ragam vibrasi/mode shape yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa (*Modal participating Mass Ratios*) dalam menghasilkan respons total harus mencapai sekurang – kurangnya 90 %.

Tabel 4.11 Partisipasi ragam terdistribusi

OutputCase	StepType	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	2.056557	0.767	0.0007177
MODAL	Mode	2.028392	0.768	0.779
MODAL	Mode	1.808376	0.779	0.779
MODAL	Mode	0.647547	0.779	0.883
MODAL	Mode	0.642915	0.876	0.883
MODAL	Mode	0.578536	0.878	0.883
MODAL	Mode	0.35806	0.878	0.922
MODAL	Mode	0.348921	0.917	0.922
MODAL	Mode	0.323125	0.919	0.922
MODAL	Mode	0.238329	0.919	0.943
MODAL	Mode	0.223233	0.939	0.943
MODAL	Mode	0.214405	0.943	0.943

Sumber : SAP2000

Dari tabel 4.11 didapatkan bahwa dalam penjumlahan respons ragam menghasilkan respons total telah mencapai 90% untuk arah X dan arah Y. Dengan demikian ketentuan menurut SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.1 terpenuhi.

4.7 Kontrol Drift

Untuk kontrol drift pada RSNI 03-1726-2012, dirumuskan sebagai berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I}$$

Dimana:

δ_{xe} = defleksi pada lantai ke-x

C_d = faktor pembesaran defleksi 5.5

(RSNI 03-1726-2012 Tabel 9)

I = faktor keutamaan gedung (1)

(RSNI 03-1726-2012 Pasal 2)

Untuk struktur beton bertulang simpangan antar lantai ijin dibatasi sebesar:

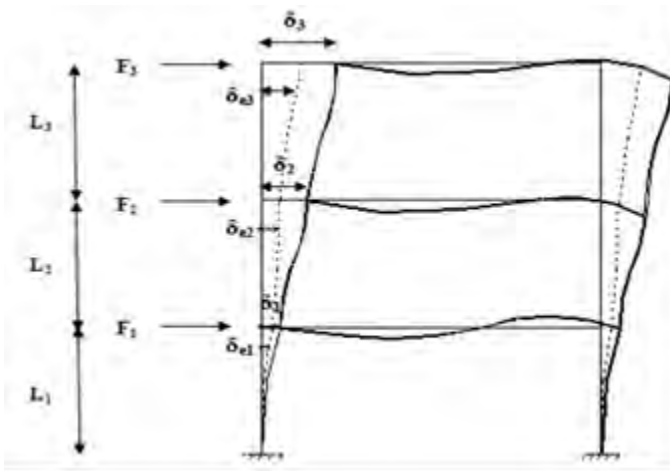
$$\Delta_a = 0,020h_{sx}$$

perhitungan simpangan lantai 1:

$$\Delta_1 = \delta_{e1} C_d / I$$

perhitungan simpangan lantai 2-keatas :

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / I$$



Gambar 4.8 Penentuan Simpangan Antar Lantai

Sumber : SNI 03-1726-2012

Tabel 4.12 Kontrol Kinerja Batas Struktur Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah Sumbu X

Lantai	h _x	δ _{xe} (mm)	Δ (m)	Δ _a (m)	Keterangan
1	4	2.2720	0.0125	0.08	ok
2	8	6.8750	0.0253	0.08	ok
3	12	12.2602	0.0296	0.08	ok
4	16	17.7353	0.0301	0.08	ok
5	20	22.9760	0.0288	0.08	ok
6	24	27.8184	0.0266	0.08	ok
7	28	32.1636	0.0239	0.08	ok
8	32	35.9359	0.0207	0.08	ok
9	36	39.0646	0.0172	0.08	ok

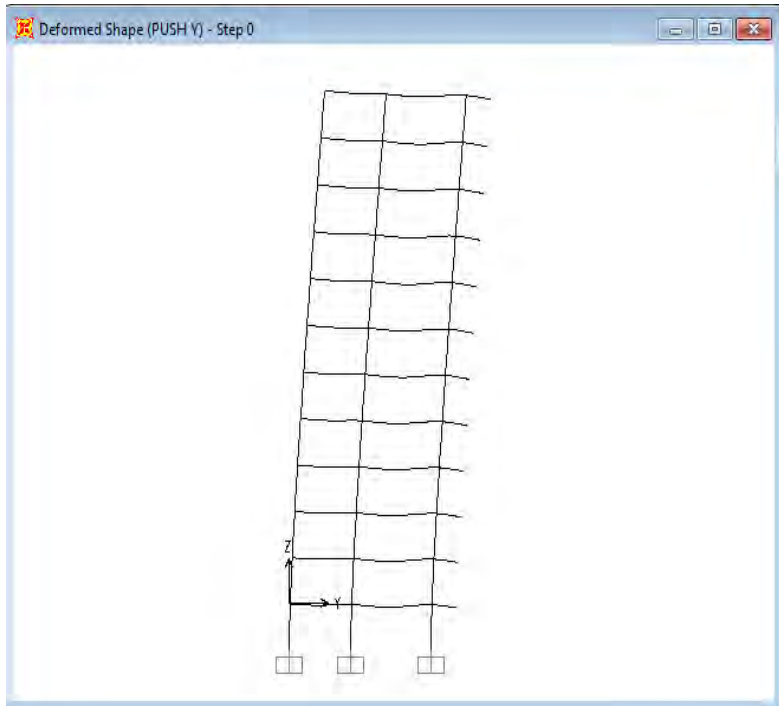
10	40	41.3781	0.0127	0.08	ok
11	44	43.1269	0.0096	0.08	ok
12	48	44.3652	0.0068	0.08	ok

Tabel 4.13 Kontrol Kinerja Batas Struktur Akibat Beban
Gempa Statik Ekuivalen Arah Sumbu Y

Lantai	hx	δx_e (mm)	Δ (m)	Δa (m)	Keterangan
1	4	2.50947	0.013802	0.08	ok
2	8	7.395644	0.026874	0.08	ok
3	12	12.92657	0.03042	0.08	ok
4	16	18.46947	0.030486	0.08	ok
5	20	23.76975	0.029152	0.08	ok
6	24	28.70709	0.027155	0.08	ok
7	28	33.20981	0.024765	0.08	ok
8	32	37.2185	0.022048	0.08	ok
9	36	40.68653	0.019074	0.08	ok
10	40	43.5667	0.015841	0.08	ok
11	44	45.71608	0.011822	0.08	ok
12	48	47.21123	0.008223	0.08	ok

5.6 Mekanisme Sendi plastis

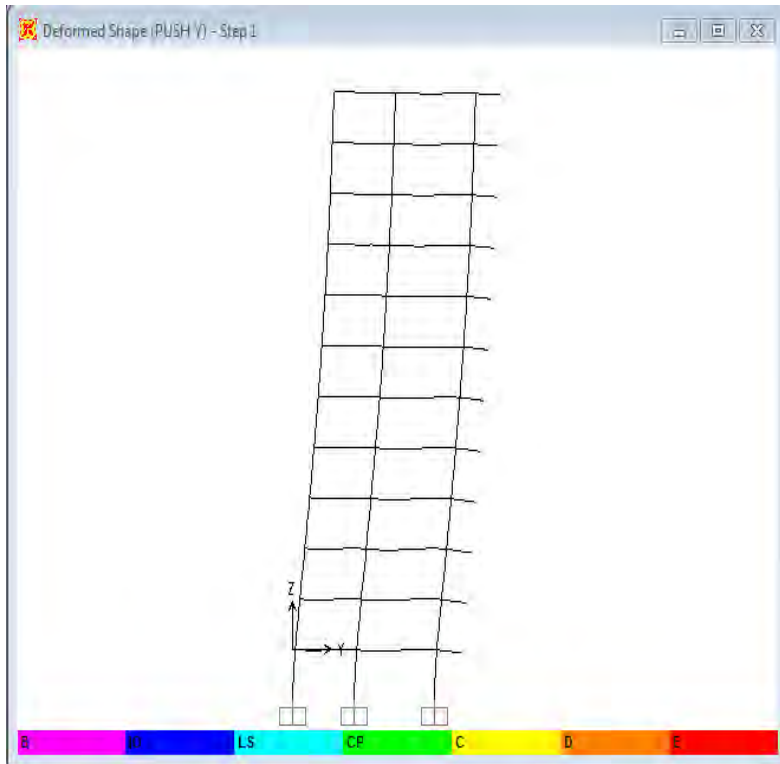
Mekanisme sendi plastis pada gedung MNC tower ditinjau pada dua arah yaitu arah X bangunan dan Y bangunan. Berikut step-step mekanisme sendi plastis menggunakan softwear SAP2000 :



Gambar 5.20 Step 0 *Pushover* analysis arah Y

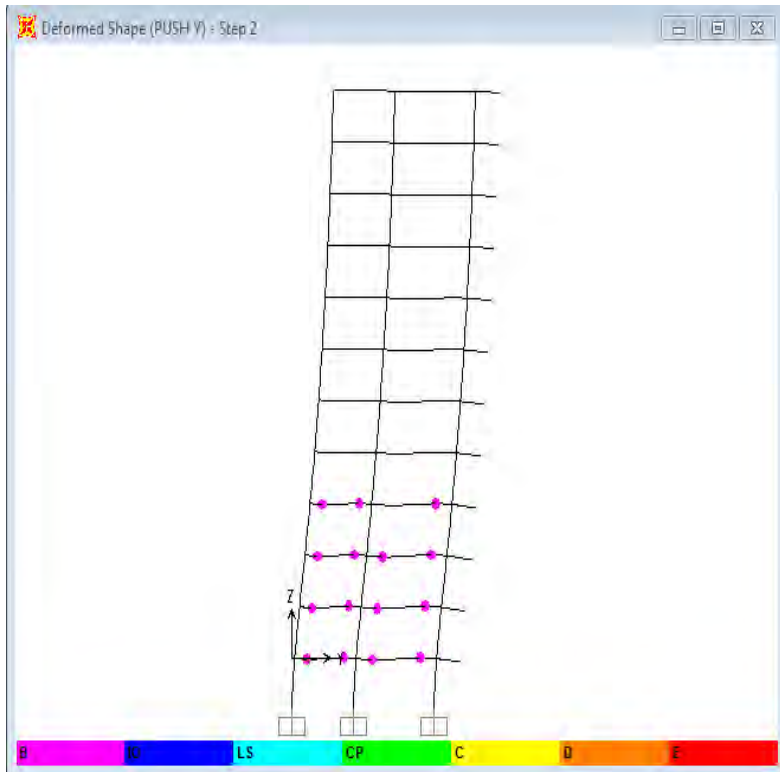
Sumber : SAP2000

Pada tahap ini gedung MNC Tower belum dikenakan beban sehingga kondisi gedung masih dalam bentuk normal.



Gambar 5.21 Step 1 *Pushover* analysis arah Y
Sumber : SAP2000

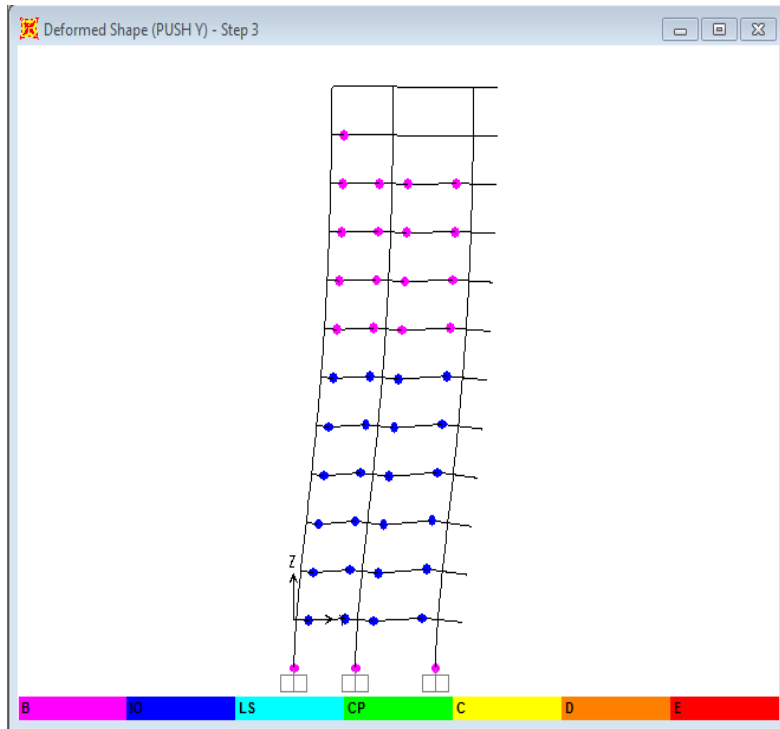
Pada step 1 dikenakan beban 224 ton pada gedung MNC Tower dan dapat dilihat gedung masih dalam keadaan safety ditandai dengan tidak adanya parameter *performance colour* pada SAP2000 sehingga bisa disimpulkan pada step satu pada struktur MNC Tower tidak terjadi sendi plastis.



Gambar 5.22 Step 2 *Pushover* analysis arah Y

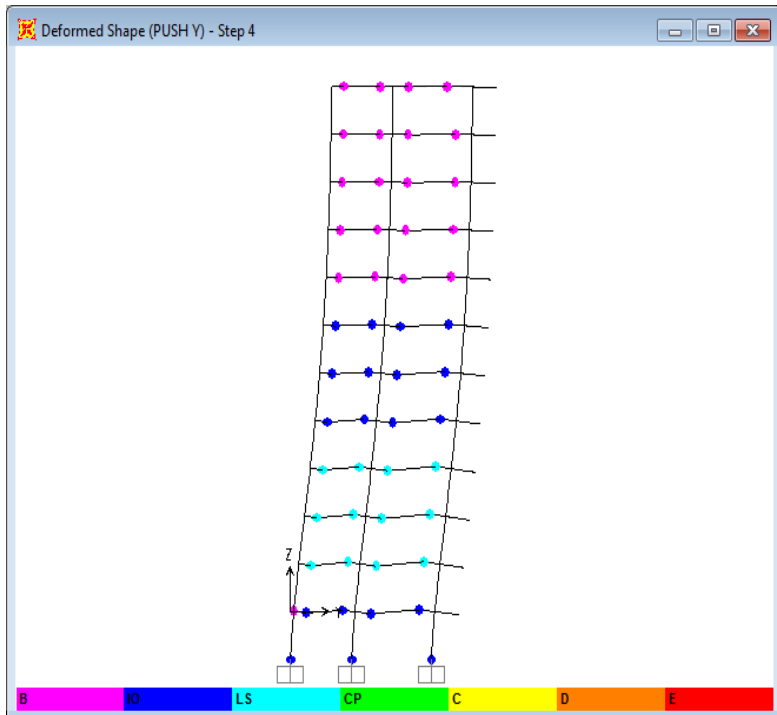
Sumber : SAP2000

Pada step 2 terlihat bahwa struktur mulai terjadi sendi plastis di beberapa struktur dengan tingkat performance building di Base (B) to *Immediate Occupancy* (IO) pada beban yang dikenakan 305 ton pada arah Y.



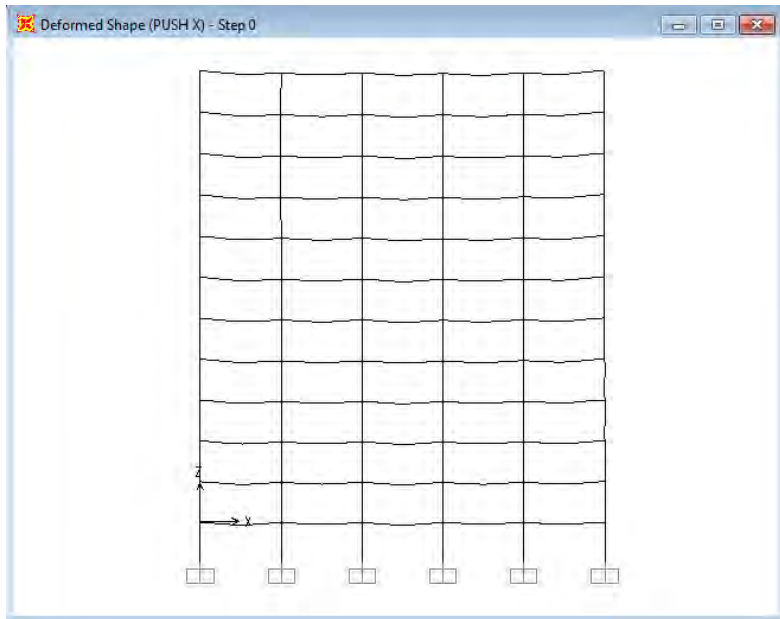
Gambar 5.23 Step 3 *Pushover* analysis arah Y
Sumber : SAP2000

Pada step 3 struktur mengalami sendi plastis pada beberapa strukturnya dalam keadaan tingkat performance building IO to Ls saat dikenakan beban 564 ton.



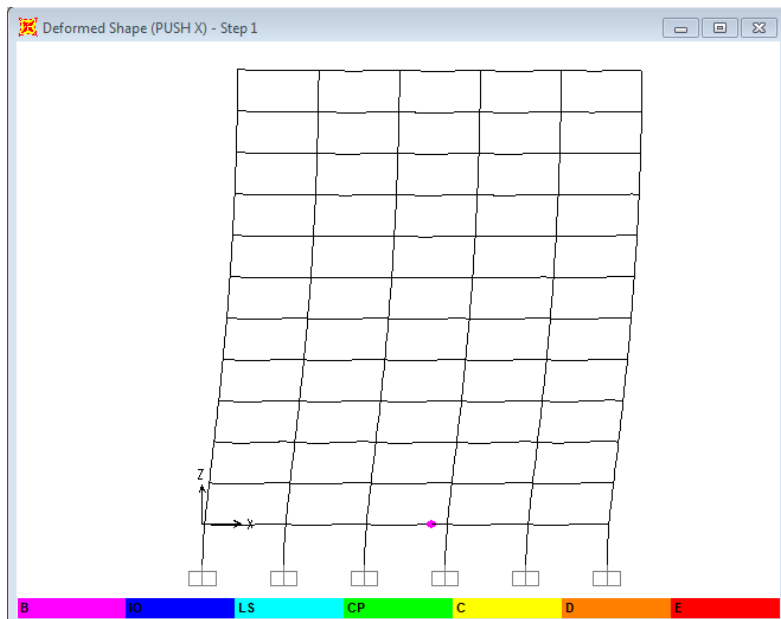
Gambar 5.24 Step 4 *Pushover* analysis arah Y
Sumber : SAP2000

Pada step 4 terlihat bahwa hampir semua struktur mengalami sendi plastis saat dikenakan beban 616 ton namun masih didalam tingkat IO to LS sehingga struktur dari MNC Tower masih dalam kategori aman.



Gambar 5.25 Step 0 *Pushover* analysis arah X
Sumber : SAP2000

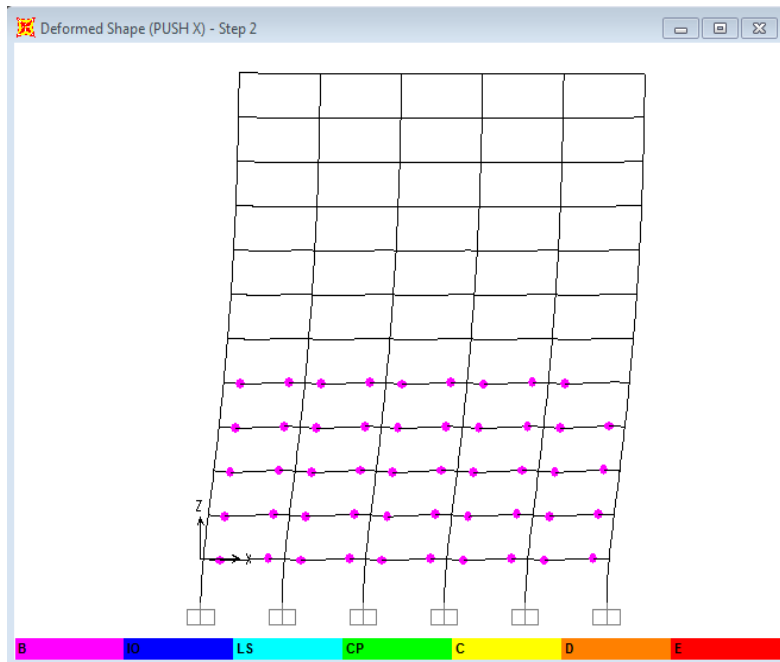
Pada tahap ini gedung MNC Tower belum dikenakan beban sehingga kondisi gedung masih dalam bentuk normal.



Gambar 5.26 Step 1 *Pushover* analysis arah X

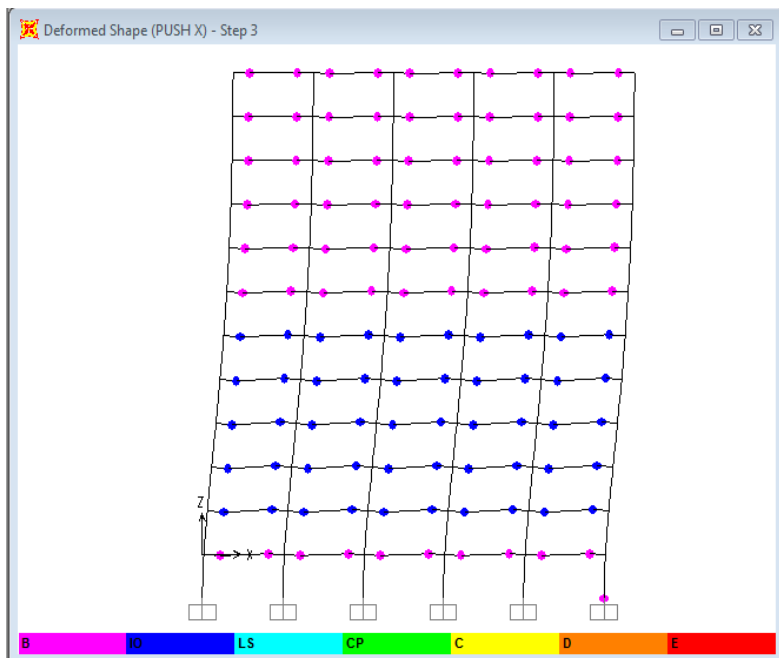
Sumber : SAP2000

Pada step 1 dikenakan beban 256 ton pada gedung MNC Tower arah X terdapat satu balok yang mulai mengalami sendi plastis namun masih dalam kondisi Base (B).



Gambar 5.27 Step 2 *Pushover* analysis arah x
Sumber : SAP2000

Pada step 2 terlihat bahwa struktur yang mengalami sendi plastis semakin banyak pada arah X gedung dimana tingkat performance building masih di Base (B) saat dikenakan beban 315 ton.



Gambar 5.28 Step 3 *Pushover* analysis arah x

Sumber : SAP2000

Pada step 3 struktur mengalami sendi plastis pada seluruh balok arah X dimana tingkat performance building digolongkan IO (*Immediate Occupancy*) to LS (*Life Safety*) saat dikenakan beban 540 ton.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

- Kinerja bangunan MNC Tower setelah menggunakan peraturan SNI 1726 2012 masih mampu memenuhi kriteria syarat di SNI 1726 2012 dan setelah dicheck stress check menggunakan SAP2000 menunjukan kinerja yang baik karena konsep strung column weak beam terpenuhi dengan melihat sendi plastis terjadi lebih dahulu dibalok dibanding kolom.
- Hasil analisa pushover yang kritis adalah pada arah y gedung MNC Tower karena bila dilihat dari hasil displacement maupun sendi plastis memberikan nilai yang lebih besar ketimbang arah x .
- Target displacement untuk MNC tower pada arah dominan yaitu arah y dengan nilai 0.497 m dengan besar gaya geser yang terjadi adalah 627 ton
- Sedangkan untuk arah X bangunan target displacement yang didapat adalah 0.295 m dengan besar gaya geser yang terjadi adalah 591 ton
- Performance point arah Y bangunan didapatkan pada gedung MNC tower didapat pada gaya geser 606 ton dengan nilai displacement 454 mm kategori LS to CP hasil dari interpolasi tabel 5.3
- Performance point arah X bangunan didapatkan pada gedung MNC tower didapat pada gaya geser 527 ton dengan nilai displacement 254 mm kategori IO to LS hasil dari interpolasi tabel 5.3

6.2 Saran

- Untuk beberapa bagian yang mengalami kegagalan perkuatan tidak perlu dibutuhkan ke seluruh bagian yang gagal, namun dibebepa bagian saja agar struktur gedung tidak borors , pengecekan kembali dengan analisa pushover diperlukan untuk mengetahui struktur sudah mencapai tingkat keamanan yang diinginkan.
- Perkuatan dilakukan pada bagian-bagian gedung MNC Tower yang kritis menggunakan CRFP (Carbon Reinforced Fiber Polymer) dengan asumsi bahwa pengerjaan menggunakan CRFP lebih cepat dengan metode lainnya , relative mudah dikerjakan dan dapat mengantisipasi kegagalan geser maupun lendutan
- Penting untuk diingat dalam pengerjaan pushover perlu dilakukan stress check terlebih dahulu agar hasil kurva pushover maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- ATC 40, 1996, **“Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings”**, Redwood City, California, USA.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012), **“Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung”**, SNI 03-1726-2012.
- Badan Standardisasi Nasional. (20XX), **“Beban Minimum untuk Perancangan Banguna Gedung dan Struktur Lain”**, SNI 03-1727-20XX.
- Racmat Purwono dan Takim Andriono. (2010) **”Implifikasi Konsep Seismik Design Category (SDC)-ASCE 7-05 Terhadap Perencanaan Struktur Tahan Gempa Sesuai SNI 1726-02 Dan SNI 2847-02”**. Seminar Haki 2010.
- Wisnumurti, Indra Cahya, dan Ashar Anas. (2008).**”Anlisa Pushover Pada Gedung Tidak Beraturan Dengan Study Kasus Pada Gedung Baru FIA UNIBRAW”**. Jurnal rekayasa sipil, vol 2, no.1-2008 ISSN 1978-5658.
- Kurdian Suprpto dan Sudarto.(2009)**”Evaluation of Performance of Asymmetrically Dual System Structures Using Pushover And Tie History Analyses”**, ITS Journal of Civil Enginnering, vol.29, no.1, May 2009.

Yosafat Aji Pranata. (2006), **“Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Dengan Pushover Analysis”**, Jurnal Teknik Sipil, vol.3, No.1 Januari 2006.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta, 11 Januari 1993, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal Sekolah Dasar di SDN Jombang satu kemudian melanjutkan di SMP 29 Jakarta dan Melanjutkan tingkat SMA di SMA 70 Jakarta dan lulus pada tahun 2011. Penulis kemudian mengikuti seleksi penerimaan mahasiswa baru dan diterima di jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2011.

Penulis Kuliah di Teknik Sipil ITS dengan NRP 3111100160. Penulis Aktif dalam beberapa kegiatan organisasi di kampus dan pernah memimpin Lomba Karya Tulis Ilmiah tingkat SMA di Civil Expo 2014.

Penulis pernah Kerja Praktik (KP) di Chevron Riau untuk mendalami bidang teknik ilmu teknik sipil. Penulis sangat tertarik di bidang struktur sehingga mengambil tugas akhir bidang struktur. Diharapkan nantinya di tingkat S2 bisa mengambil lagi bidang struktur untuk mendalami ilmu yang ada.